B級双3極出力管と6BM8 5極部のカスコード出力段を採用

6Z7Gパラレルプッシュプル パワーアンプ

征矢 進 SOYA Susumu

カスコード出力段は，上段管のグリッド電流を無視できること，高域特性が向上することなどが利点である．今回はグリッドの正領域でグリッド電流を流して使うB級プッシュプル用双3極出力管6Z7Gを上段に，6BM8の5極部を下段に配したプッシュプルアンプを製作した．前段は6BM8の3極部による差動増幅で，電圧増幅と位相反転を同時に行う．B電源は大きく変化する電流に備え，チョークインプット方式とした．最大出力は約7W．試聴ではヌケが良く奥行き感があり，線の太さも持ち合わせている．

はじめに

3月号の6B4G＋50カスコード接続出力段シングルアンプ記事で，6Z7Gと6BX7を組み合わせた実験機を紹介しました．その後さらに実験と改良を加え，ようやく音質と特性の両方とも自分なりに満足できるアンプに仕上がりましたので，改めて発表します．

2002年3月号に発表した6A6と25AV5GTの組み合わせによるB級パラプッシュプルアンプでは，B電源部をコンデンサーインプット整流としていました．レギュレーションの面で少し劣っていたためか，音ヌケとスケール感は良いのですが，エッジの利いたしゃきっとした感じが少なく，またやや線の細いところもあり，改良すべき点が浮かび上がってきました．

今回はそのときの問題点と3月号の実験機の不満点を整理して，再度B級プッシュプル用の共通カソード型双3極出力管6Z7Gと6BM8の5極部を組み合わせた，パラプッシュアンプに組み直してみました．改めて試聴したところ，前作で気になっていた線の細い感じは消え，反対に太めの音質に変身してくれました．B級プッシュプルアンプの音質がA級プッシュプルアンプに比べ，音の太さにおいて不利とする今までの私の考え方は，今後は改めなければならないと感じました．これは，私にとっては大きな成果でした．

要所をしっかり押さえれば，B級アンプはA級アンプと異なる，特徴のある音質で鳴ってくれますので，1台は手元に置いておきたいアンプではないかと思います．この製作記事が皆様の参考になれば幸いです．

GGS回路のメリットとデメリット

本機の出力段に採用している「GGS（グランデッドグリッド・シリーズ接続）回路」は，私が勝手にネーミングしたものですので一般的ではありませんが，要はグリッド接地型回路とカソード接地型回路を組み合わせた，カスコード回路を出力段に応用したものです．

GGS回路のメリットは以下のとおりです．

①グリッド電流対策が不要

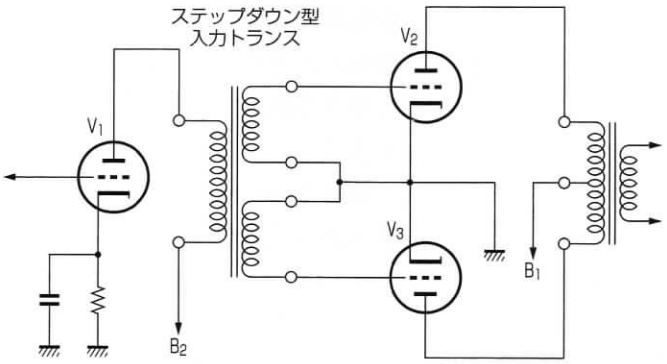
2電源方式にすると，上段の真空管のグリッドは直接接地されますので，グリッドインピーダンスは0Ωとなり，グリッド電流に対する回路上の考慮は不要となります．ただしグリッド損失に対する考慮は必要です．

②高域特性が向上

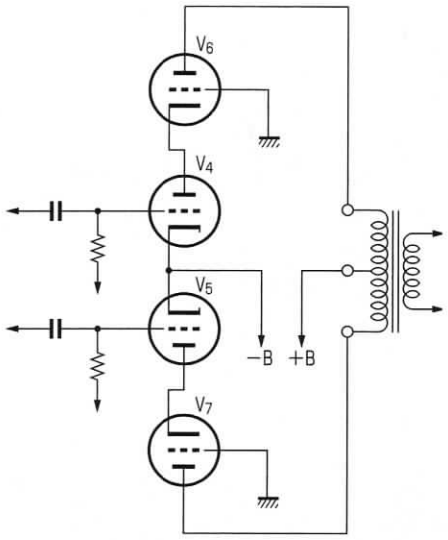
低周波ではあまり問題になりませんが，接地されたグリッドがシールドの役目を果たし，高周波特性が良好となります．また，直接アースに落とすので，ここには時定数が生じません．

③入力トランスが不要

現在入手難で，あったとしても高価なB級動作用のステップダウン型入力トランスが不要になり，コストが下がります．また，出力トランスの2次側からのオーバー



(a) 2次側巻線抵抗の低いステップダウン型入力トランスを使用する方式



(b) B級管を上段としたGGS回路方式

[図1] B級プッシュプル出力段の構成

オール負帰還を多量に，しかも安定してかけることができます．これは音質改善のためのダンピングファクター調整がしやすくなることを意味しています．

図1(a)は，ステップダウン型の入力トランスを用いた従来型のB級プッシュプルアンプの基本回路です．出力管のグリッドは入力トランスの2次側に，またカソードはアースに落とすだけですから，これ以上簡単にならないくらいのシンプルさです．また，電源は正側だけの単一電源ですむので，レギュレーションを良くする必要はありますが，電源部の構成も至って単純です．

問題はV_2とV_3が0バイアスの動作ですので，信号が入力されるとグリッドがプラスに振られ，それに応じたグリッド電流が流れることです．このとき，入力トランスの直流抵抗値が大きいとグリッド電圧も大きく変化するので，入力信号にこの変化電圧が加わって，まともな増幅動作を行えないことになります．

したがって，ここに使用する入力トランスの2次側の直流巻線抵抗値を極力小さくしなければなりません．トランスメーカーはその他の特性面も考慮して設計しますので，この形式の入力トランスは，高価になるのは仕方ありません．

(b)はGGS方式の基本回路です．V_4とV_6，V_5とV_7は互いに欠点を補完しながら，一つの真空管として動作することが最大のメリットで，基本はカスコード回路そのものとなっています．

④ドライブ電力の効率アップ

下段に使用する真空管のドライブ電力は，出力電力として取り出すことができるので，ドライブ電力を無駄にすることなく，効率の高い回路となります．この点については3月号で詳しく説明しましたので，そちらも併せてご覧ください．

どのような回路でもメリットがあればデメリットもあるものです．この方式による最大の欠点は，回路がやや複雑になることで，正負両電源が必要になり，その分コストと手間がかかります．

特にB級動作の正負両B電源は大きな電流変化がありますので，良好なレギュレーション特性を考慮すると，チョークインプット方式を採用せざるを得ません．したがって，チョークインプット回路に使用できるチョークコイル2個分のコストアップとなります．

ただし，現在は高性能な半導体が入手できるので，半導体による安定化電源回路を組めばコストはそれほどかからないでしょうから，あえて欠点とはいえないかもしれません．

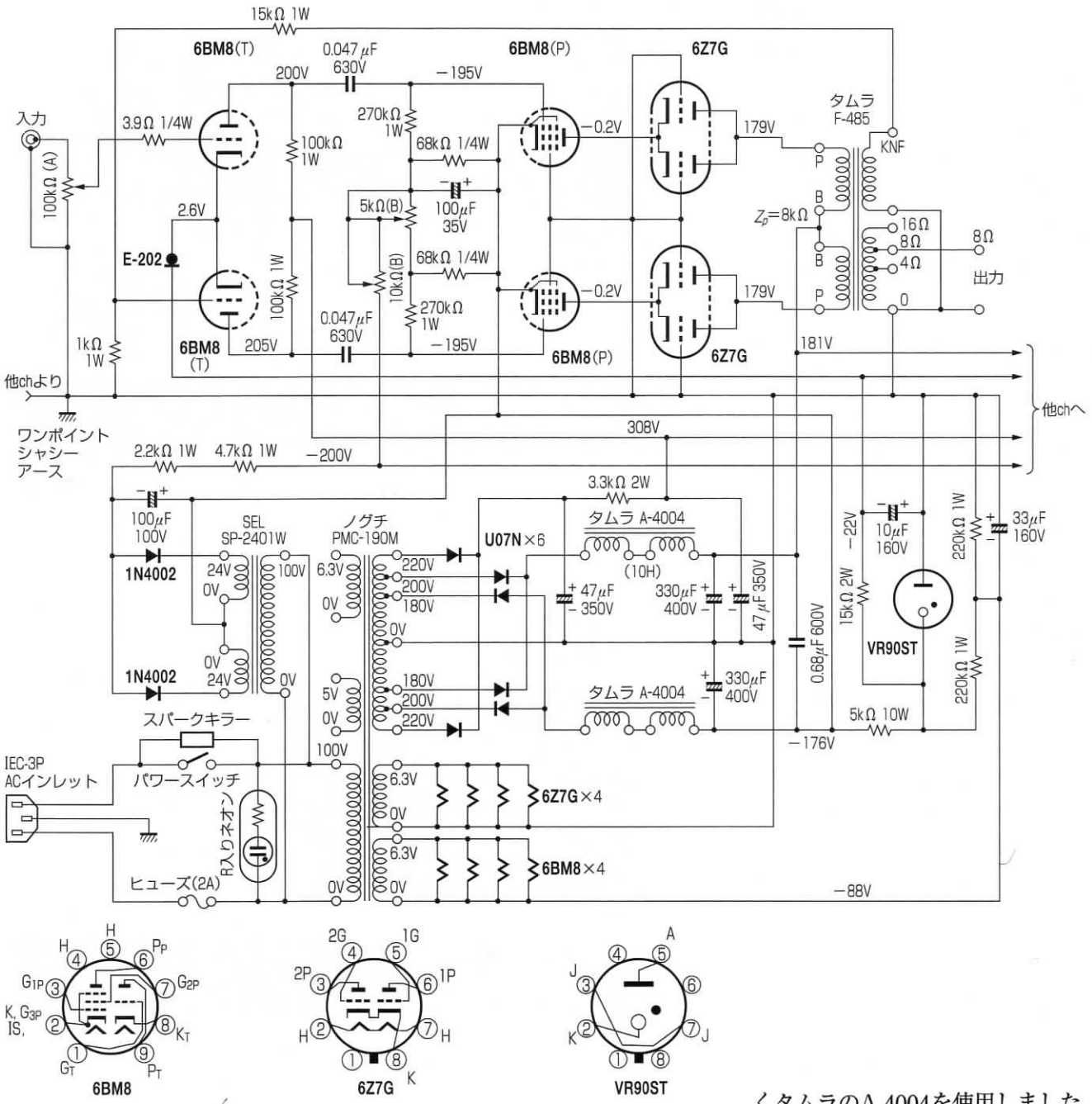
出力段の動作設定

まず上段6Z7G，下段6BM8 5極部の動作説明を行います．

図2は，双3極管6Z7G単ユニットのE_p-I_p動作曲線に16kΩの負荷線を引いたものです．実際には本機は2ユニット並列接続するので，使用する出力トランスは8kΩとなります．このときの最大出力は，E_g＝＋35Vまでドライブできれば，図中の計算を示すように2ユニット分で7.14Wとなります．

グリッドは正電圧ですから当然I_gが流れます．その値はデータに示されていません．そこで実測してみる必要があります．予備実験ではE_g＝＋35V時，両ユニット合計で実効値15mA前後でした．これについては測定の項で改めて述べます．

B級プッシュプル動作を行う場合，通常では高い負のバイアスを与えてプレート電流をカットオフ



[図4] 本機の回路構成

[表1] 使用真空管の定格

型番		6Z7G	6BM8 (P)	6BM8 (T)
種別		B級電力増幅双3極管	電圧・電力増幅3極5極管	
E_f〔V〕×I_f〔A〕		6.3×0.3	6.3×0.78	
最大定格	E_p〔V〕	180	250	250
	E_{g2}〔V〕		250	
	P_p〔W〕	4+4	5（E_p>250V） 7（E_p<250V）	1
	P_{g2}〔W〕		1.8	
	I_k〔mA〕	各ユニットの ピークプレート電流 60	50	150
	μ			70
	E_{hk}〔V〕		200	200
	R_g〔mΩ〕		固定バイアス 1 自己バイアス 2	固定バイアス 1 自己バイアス 3

程度と浅いので，高域特性にアバレのない素直な特性の出力トランスであれば，他のメーカー品を使用しても問題ないと思います．

チョークコイルは出力トランスと同型のケースに入っている同じくタムラのA-4004を使用しました．このチョークコイルはチョークインプット用ではありませんが，扱うAC電圧が低いことと，無信号時に流れる電流が少ないこともあって，ウナリ音は全くありませんし，またリーケージフラックスなどの影響も感知されませんでした．ここにはチョークインプット用に設計されたチョークコイルを使用すればベストです．

電源トランスはノグチのPMC-190Mを使用しました．特注と思われるほど必要とするAC巻線が出ているので，本機には最適な仕

では－1dBでカバーしていますので，無帰還時の特性としてはこれで十分でしょう．

7.1dBの負帰還をかけると特に低域に対して効果があり，ほとんどフラットな状態になりました．総じてきれいなカマボコ型の特性ですので，これでよいと思います．

(4) 歪率特性

出力対歪率特性を**図8**に示します．低帰還のB級プッシュプルアンプにしては低歪率特性になりました．3W近くまでは1%以内の歪率です．できれば最低歪率0.1%をクリアしたいと思い努力しましたが，残念ながら0.15%が今回の限界でした．

(5) ダンピングファクター

図9はダンピングファクター特性です．無帰還時の値は非常に低く0.098／1kHzとなりました．この状態で試聴してみると，クセの強い膨らんだ音質でした．この状態から試聴しながら負帰還量を変えてみましたが，7.1dBが一番好みの音で聴きやすくなりました．そのときのダンピングファクター値は1.1となり，可聴帯域では変化ありませんでした．

(6) 波形観測

各周波数における方形波再生波形を**写真10**(**a**)～(**c**)に示します．10kHzの波形に若干のリンギングが見られますが，これを除去するために位相補正を行うと音質が詰まった感じになりましたので，本機ではあえて補正しませんでした．それ以外は問題ない波形です．

写真11は負荷条件を変えた場合の10kHz方形波再生波形です．(**a**)は負荷オープン，(**b**)は8Ω抵抗に0.47μFの容量を並列接続，(**c**)は0.47μFの容量のみ負荷した場合で，いずれも至って安定動作となっており，発振などのトラブルは全く考えられないくらい安定しています．

写真12(**a**)は最大出力における1kHzサイン波です．波形の山谷が少しずつ削れる形でクリップしていきます．最大出力の判定が難しいのですが，前述のように7Wを最大出力としました．(**b**)はクリップ後の波形です．山谷が平坦になるとともにクロスオーバー歪みが見られるようになり，もはやサイン波出力とは呼べない波形です．(**c**)は出力5W時に歪率計から出力された残留歪み波形です．3次歪み成分にさらに別の歪み波形が加わっているようです．

試聴結果

冒頭で述べたとおり，B級プッシュプルアンプに対する今までの私の考えを改めなければいけないような鳴り方です．音ヌケが良く，線の太いところもあり，また奥行き感も感じられて，満足して聴くことができます．欲をいえば，もう少しスケール感があるとよいと思いますが，出力7W程度では欲張りすぎかもしれません．

最後に

6Z7G以外にもB級増幅専用に開発された出力管はあり，人気がないためか格安で販売されています．コストはそれほどかかりませんので，興味のある方は一度実験してみてはいかがでしょうか．

なお，故浅野勇氏の著書『魅惑の真空管アンプ』の中にB級専用に開発された真空管について詳しく記述されていますので，参考になると思います．

サイドワインダー投稿応募規定

<エッセイ・評論> オーディオに関すること全般．テーマは自由

○原稿分量：横書き16字詰×130行以内
○資料，図，写真があるときは添付してください

<製作> オーディオ関連機器全般．試作，実験，研究記事など

○原稿分量：横書き16字詰×300行以内
○製作機器の外観，内部写真，回路図，表等を添付してください．なお，添付した資料には必ず説明文と文章中への挿入箇所を明記してください．図（周波数特性，入出力特性，歪率特性など），表，単位，記号は本誌掲載記事に準じます

<投稿規定>

・氏名，住所，年齢，電話番号（昼間の連絡先と自宅）を明記してください
・パソコン，ワープロによる原稿，デジタルカメラによる写真はプリントアウトおよびデータをお送りください
・市販の原稿用紙を使用する場合は16字で区切ってお使いください
・原稿は返却しません．なおコピー原稿は受け付けません
・他誌との二重投稿はご遠慮ください
・主旨を変えない範囲で原稿に手を入れることがあります
・投稿の掲載・不掲載の問い合わせには応じられません
・掲載は本誌の特集テーマなどに合わせて選択されることがあります
また多数の応募があるため，掲載は1年ほどかかることがあります
・採用分には掲載号と薄謝を進呈いたします
・内容によっては編集部から原稿を依頼する場合があります

<送り先>〒113-0033 東京都文京区本郷3-3-11誠文堂新光社
MJ無線と実験編集部「サイドワインダー係」